

УДК 551.21 + 551.324

ГОРА РАННЯЯ И ОБРЫВ ШЕРИДАНА В АНТАРКТИДЕ – САМЫЕ СТАРЫЕ И ВЫСОКОШИРОТНЫЕ ТЮЙЯ НА ЗЕМЛЕ

© 2011 И.В. Мелекесцев

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Показано, что открытые в 1934 и 1962-1963 гг., изученные и датированные в 1978-1979 гг. исследователями Антарктиды вулканические постройки Гора Ранняя (86°58' с.ш., 163°20' з.д., абс. в. 2270 м, возраст пород 18-20 млн. лет) и Обрыв Шеридана (87°04' ю.ш., 153°46' з.д., абс. в. 2720 м, возраст пород ~ 16 млн. лет) относятся к типичным туюя, самым старым и высокоширотным из обнаруженных подобных форм на Земле. Это служит подтверждением того, что в раннем миоцене в Западной Антарктиде в непосредственной близости от полюса существовали мощные ледники, и происходила интенсивная подледная вулканическая деятельность.

Ключевые слова: туюя, внутриледниковый вулканизм, ледниковый покров, ледниковый щит, Антарктида.

ВВЕДЕНИЕ

Туюя – общий термин для вулканических форм, которые возникли в полостях ледниковых покровов при проплавлении их льда в ходе происходивших непосредственно под ними извержений. Первоначально это – своеобразные вулканические тела – «куличи», заключенные внутри ледниковых покровов, а после исчезновения покровов – положительные формы вулканического рельефа с крутыми (иногда почти до вертикальных) склонами и уплощенной, слабо наклонной вершинной частью. Высота склонов, в целом, определяется мощностью проплавленного льда и часто достигает многих сотен метров. Если извержения продолжались выше поверхности проплавленных ледников, то на вершинах туюя возникали, но уже в субаэральных условиях, обычные вулканические формы: шлаковые и лавовые конусы, экструзивные куполы, лавовые потоки и комплексы лавовых потоков.

Термин туюя происходит от собственного названия горы – Tuu Mountain в Британской Колумбии (Канада), которая таким способом образовалась в верхнем плейстоцене внутри мощного Северо-Американского ледникового щита. Высота постройки Туюя – около 400 м, объем – 2-3 км³. Из-за своей характерной морфологии подобные вулканические формы называют также

столовыми (tables mountains) или плосковерхими (flat-topped mountains) горами.

Кажущаяся неестественной («лед и пламень») компактность накопления раскаленного изверженного материала, распространение которого ограничено ледяными стенками, объясняется обычными физическими причинами: высокой теплотой плавления льда (80 кал/г) и быстрым остыванием вулканического материала в зоне контакта со льдом за счет циркулирующей здесь обильной талой воды.

Состав пород, слагающих туюя, зависит от состава изверженного материала и типа извержений. Они бывают базальтовыми, андезитовыми и т.д., с разными соотношениями лав и пирокластики. Для туюя характерен специфический комплекс фаций пород и специфический набор минералов.

В настоящее время наибольшее количество туюя, включая современные формы, известно и описано в Исландии, которая в плейстоцене, голоцене и в историческое время была и остается сейчас одновременно ареной интенсивной вулканической деятельности и районом покровного оледенения. Десятки туюя выделены и диагностированы автором этой статьи и на Камчатке (Брайцева, Мелекесцев, 1974; Мелекесцев и др., 1970).

Наличие туюя на Камчатке обусловлено тем, что в эпохи похолоданий вулканические районы Камчатки покрывались обширными ледниками,

а действующие вулканы служили крупными центрами оледенения. Возможно, возникновение туюя на Камчатке и на современном этапе, так как на некоторых самых высоких активных вулканах (Ключевской, Корякский, Авачинский и др.) тоже существуют ледники.

Следует отметить, что все известные, относимые к туюя формы рельефа в молодых вулканических районах России, США, Канады, Исландии, Чили имеют возраст не старше плейстоцена. Более древние туюя там не описывались.

Однако подобные формы, но гораздо более старые, с характерными признаками туюя, были сравнительно недавно обнаружены в Антарктиде. Они названы Гора Ранняя (Mount Early) и Обрыв Шеридана (Sheridan Bluff). Изучены их геоморфология, геологическое строение, особенности слагающих толщ (Stump et al., 1986a, 1986b). Правда, к туюя самими исследователями они не были отнесены: Гора Ранняя диагностирована как щитовой вулкан, Обрыв Шеридана – как изолированный фрагмент разреза толщи гиалокластита и лавовых потоков. Эти вулканические формы рельефа оказались не только самыми древними – раннемиоценовыми, но и самыми высокоширотными ($87^{\circ}04'$ ю.ш. и $86^{\circ}58'$ ю.ш.) из обнаруженных пока на Земле. Они находятся сейчас на расстоянии 330 и 340 км от Южного полюса (рис. 1). Своей сохранностью туюя, по-видимому, обязаны, в первую очередь, хорошей консервирующей способности мало-подвижного околполярного ледникового щита, который существовал там уже в верхнем олигоцене, ранее 25 млн. л.н. (Атлас..., 2005).

Наиболее значимый результат проведенных исследований этих форм – выполненное на

самом современном уровне детальное описание разрезов слагающих их толщ, петрологические и петрохимические характеристики вулканических пород, изучение комплекса минералов из лав и пирокластики, а также полученные К-Аг и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки базальтов. Поэтому приведенные в работах (Stump et al., 1986a, 1986b) описания Обрыва Шеридана и Горы Ранняя по содержанию и по форме можно считать эталонными и использовать в качестве стандартных при характеристике подобных внутриледниковых образований других вулканических областей, включая Камчатку.

ОБРЫВ ШЕРИДАНА

Обрыв Шеридана был открыт в 1962-1963 гг. и кратко описан G.A. Doumani и V.N. Minshev (Doumani, Minshev, 1965), а более детально исследован в 1978-1979 годах (Stump et al., 1980).

По (Stump et al., 1986a) Обрыв Шеридана – изолированный останец толщи, сложенной гиалокластитом и лавовыми потоками (рис. 2). Он находится в верховьях ледника Скотта в центральной части Трансантарктических гор. Абсолютная высота вершины останца равна 2270 м, подошвы – 2070 – 2100 м, удаление от Южного полюса – 340 км. Мощность толщи вулканитов не превышает 200 м. Она лежит на эродированном фундаменте, сложенном гранодиоритами.

В основании разреза толщи залегает подушечная брекчия (пиллоубрекчия) мощностью 10 м, сменяющаяся выше по разрезу пачкой гиалокластитовой брекчии, состоящей из палагонитовой основной массы (matrix) желтого цвета с угловатыми обломками пиллоу (подушечных) лав. Многие обломки сохранили в зоне закалки первичное вулканическое стекло. Линза гиалокластитов имеет максимальную мощность 85 м, уменьшающуюся в СЗ направлении (рис. 2). В верхнюю единицу гиалокластитов мощностью 5-10 м внедрен лизовидный лавовый поток. Верх разреза сложен серией из 9 лавовых потоков, которые имеют суммарную мощность 110 м. Эти лавы изливались уже в субэразальных условиях. Эруптивное жерло Обрыва Шеридана не обнажено.

Гиалокластитовая брекчия состоит из фрагментов пористого вулканического стекла и обломков кристаллов оливина, в меньшей мере – клинопироксена и плагиоклаза. В редких случаях встречены резургентные обломки пород (преимущественно базальты). Для брекчии характерна параллельно-пластинчатая, волнистая и косая (перекрестная) слоистость. Мощность индивидуальных слоев от одного до нескольких сантиметров.

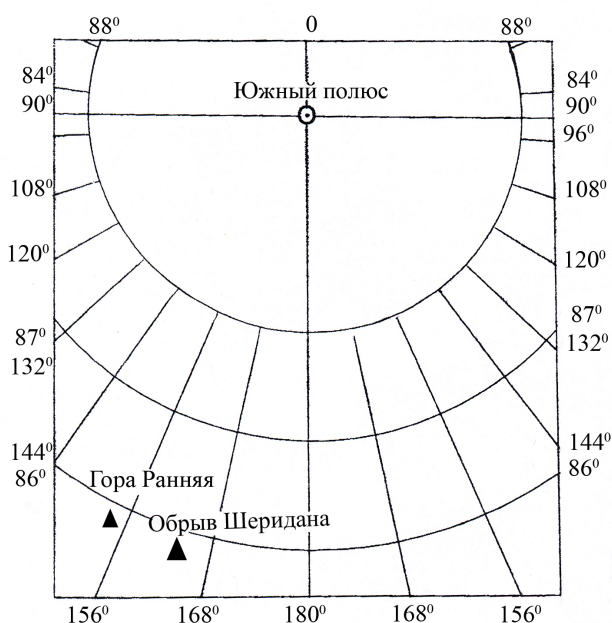


Рис. 1. Расположение Обрыва Шеридана и Горы Ранняя относительно Южного полюса.

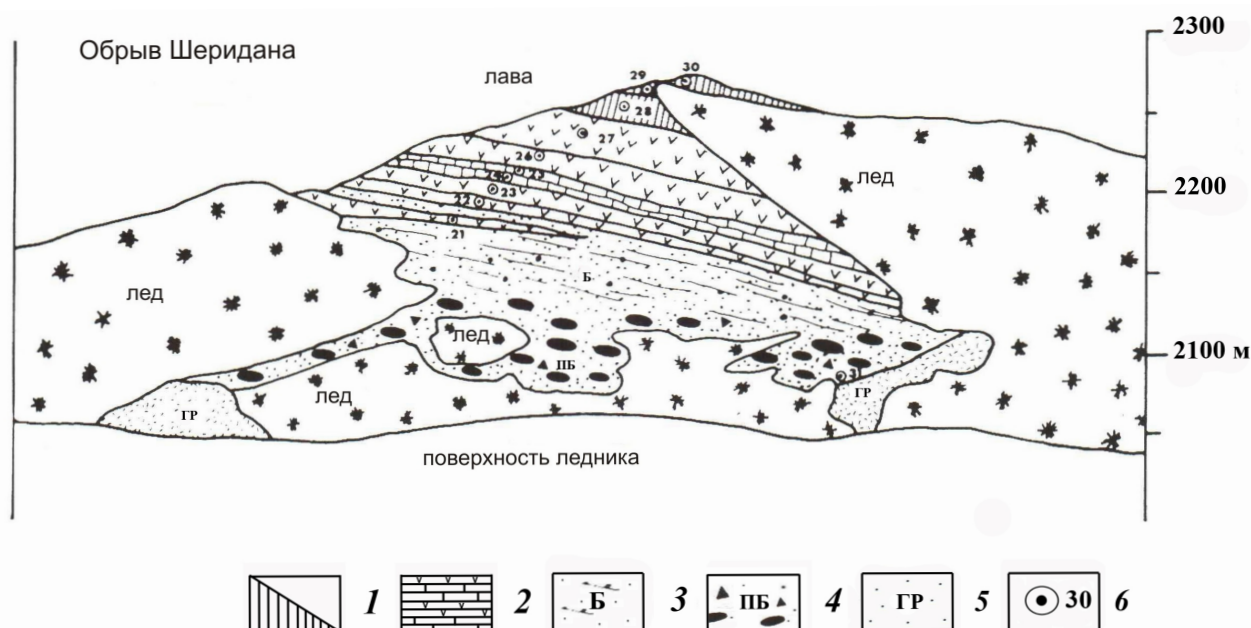


Рис. 2. Схематическое строение восточной части Обрыва Шеридана по (Stump et al., 1986a): 1 – лавовые потоки кровли разреза; 2 – пачка лавовых потоков; 3 – гиадокластическая брекчия; 4 – пиллоубрекчия; 5 – раннепалеозойский гранодиорит; 6 – отобранные образцы.

Базальтовые лавы подразделяются на две группы: умеренно-щелочные базальты (5 лавовых потоков с 1-5% нормативного нефелина) и оливиновые толеиты (5 лавовых потоков с нормативным гиперстеном). Их репрезентативные химические анализы представлены в таблице. Минеральный состав обеих групп очень сходный: плагиоклаз, клинопироксен, непрозрачные оксиды и очень много оливина. Положение проанализированных образцов (ANT24 и ANT27) показано на разрезе (рис. 2).

Описанный разрез Обрыва Шеридана по своим характеристикам практически неотличим от разрезов плейстоценовых и исторических по возрасту туюя Исландии. Поэтому Обрыв Шеридана тоже с полным правом можно отнести к типичным туюя среднего размера, хотя и более старым.

Обе группы лав разреза Обрыва Шеридана достаточно хорошо различаются по многим главным химическим компонентам: в умеренно-щелочных базальтах заметно больше K_2O , TiO_2 , Al_2O_3 и P_2O_5 . Хотя по содержанию SiO_2 они и близки (табл.). Предполагается поэтому, что в ходе извержений, сформировавших Обрыв Шеридана, были задействованы два разных магматических источника.

Среднее значение даты, полученной К/Аг методом по трем образцам лав (по породе в целом) базальтовых потоков, равно 18.32 ± 0.35 млн. лет. Два образца лав, датированных $^{40}Ag/^{39}Ag$ методом (по породе в целом), оказались весьма близкими по возрасту: 19.43 ± 0.65 и 19.75 ± 1.57 млн. лет. Все эти даты относятся к раннему миоцену.

Наблюдающийся разброс дат, полученных двумя этими методами, вероятнее всего, обусловлен разной сохранностью датированных образцов лав и недостаточной точностью самих методов, а не длительностью формирования толщи, слагающей Обрыв Шеридана. Как правило, туюя такого размера – одноактные образования, сформированные в ходе одного извержения длительностью не более нескольких лет.

Представительные химические анализы базальтов Обрыва Шеридана и Горы Ранняя (Stump et al., 1986a, 1986b)

	1	2	3
SiO_2	49.53	50.31	50.36
TiO_2	2.05	1.53	2.25
Al_2O_3	16.50	15.44	16.68
Fe_2O_3	10.44	11.98	10.44
MnO	0.15	0.16	0.14
MgO	6.91	6.73	5.56
CaO	9.32	8.72	8.20
Na_2O	3.92	3.93	4.40
K_2O	1.47	0.81	2.03
P_2O_5	0.61	0.22	0.74
ППП	1.53	0.64	1.53
Сумма	100.90	99.83	100.80

Примечания. 1, 2 – Обрыв Шеридана; 3 – Гора Ранняя. Сумма Fe как Fe_2O_3 . 1 – ANT24, умеренно щелочной оливиновый базальт; 2 – ANT27, оливиновый толеит; 3 – ANT34, умеренно щелочной оливиновый базальт.

ГОРА РАННЯЯ

Гора Ранняя была открыта в 1934 г., впервые посещена геологами лишь в 1962–1963 гг. (Doumani, Minshev, 1965), а вторично изучена в 1978–1979 гг., когда участники полевой экспедиции поднялись на вершину горы по ее северо-восточному гребню (Stump et al., 1980).

По (Stump et al., 1986b), Гора Ранняя – щитообразный глубоко расчлененный вулкан, самый южный на Земле, расположенный всего в 330 км от Южного полюса. Абсолютная высота вершины – 2720 м. Он на 475 м возвышается над поверхностью краевой части Восточно-Антарктического ледникового щита. Считается (Stump et al., 1986b), что эта вулканическая форма возникла в результате подледных извержений. Подошва пород, слагающих Гору Раннюю, не вскрыта. Поэтому их максимальная видимая мощность тоже не превышает 475 м (рис. 3).

Основание разреза постройки Горы Ранняя сложено пиллоулавами с видимой мощностью до 350 м. Они перекрываются пиллоубрекцией, которая ближе к кровле разреза постепенно сменяется более тонкозернистой палагонитовой брекчией. Нижняя порция последней – массивная, а верхняя имеет четко выраженную слоистость. Граница раздела пиллоулавы и пиллоубрекции очень неровная и сложная по конфигурации, колебания ее амплитуды достигает 250–300 м по высоте. Резко контрастны верхняя и нижняя части разреза и по цвету: черные пиллоулавы – внизу и ярко-желтая палагонитовая брекчия – вверху. Верх разреза увенчан лавовым потоком, который остался неизученным, так как наблюдался с расстояния около 200 м.

В центре разреза вскрыта субвертикальная дайка с отходящим от нее линзовидным силлоподобным телом. Слагающая его порода проанализирована – обр. ANT34 (табл.). Вполне возможно, что эта дайка фиксирует подводящий магматический канал, по которому в ходе подледного извержения поступало с глубины вещество, сформировавшее вулканическую постройку Горы Ранняя.

Изверженные породы отвечают по составу умереннощелочному оливиновому базальту с менее чем 5% нормативного нефелина. Содержание фенокристаллов оливина ($F_{0.70}-F_{0.85}$), пурпурно-коричневого клинопироксена (титаномагнетита?) плагиоклаза достигает в лаве более 5%. Этот базальт (табл.) сходен с таковым, изверженным при формировании Обрыва Шеридана (Stump et al., 1986a).

При сравнении геологического строения, фациального и вещественного состава изверженных продуктов Обрыва Шеридана и Горы Ранняя хорошо видно, что по всем этим и другим особенностям они очень похожи. Различия касаются лишь отдельных несущественных деталей. Поэтому логично допустить, что обе постройки тоже имеют одинаковое происхождение и относятся к типичным туюя.

Примерный возраст базальтового лавового потока из разреза Горы Ранняя, полученный К-Аг методом по породе в целом, равен 15.86 ± 0.30 млн. лет (Stump et al., 1980). Следовательно, формирование этой подледной вулканической постройки, как и Обрыва Шеридана, произошло тоже в раннем миоцене, а обе они – самые старые пока из обнаруженных и описанных туюя на Земле. Как формы вул-

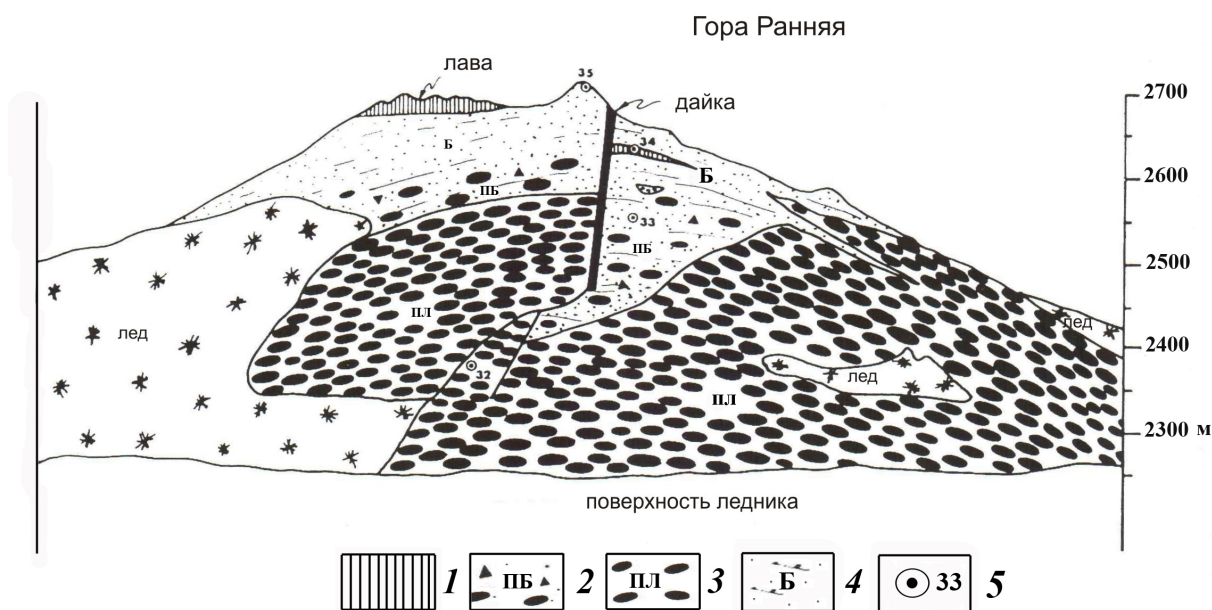


Рис. 3. Схематический разрез Горы Ранняя по (Stump et al., 1986b): 1 – лава; 2 – пиллоубрекчия; 3 – пиллоулава; 4 – гиалокластитовая брекчия; 5 – отобранные образцы.

канического рельефа они же — самые высокоширотные из наземных вулканических образований.

Список литературы

Атлас океанов, Антарктика / Отв. ред. В.И. Куроедов. С-Пб: ГУНИО, 2005. С. 204.
 Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. Четвертичные оледенения // Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. С. 402-425.
 Мелекесцев И.В., Краевая Т.С., Брайцева О.А. Рельеф и отложения молодых вулканических районов Камчатки. М.: Наука, 1970. 104 с.

Doumani G.A., Minshev V.H. General geology of the Mount Weaver area, Queen Maud Mountains, Antarctica // *Geology and Paleontology of the Antarctic*. Antarct. Res. Ser. 1965. V. 6. P. 127-139.
Stump E., Borg S.G., Sheridan M.F. Sheridan Bluff // *Volcanoes of the Antarctic Plate and Southern Oceans*. Antarct. Res. 1986a. V. 18. P. 136-137.
Stump E., Borg S.G., Sheridan M.F. Mount Early // *Volcanoes of the Antarctic Plate and Southern Oceans*. Antarct. Res. Ser. 1986b. V. 18. P. 138-139.
Stump E., Sheridan M.F., Borg S.G., Sutter J.F. Early Miocene subglacial basalts, the East Antarctic ice sheet and uplift of the Transantarctic Mountains // *Science*. 1980. V. 207. P. 757-759.

MOUNT RANNYAYA AND SHERIDAN BLUFF — THE OLDEST HIGH-LATITUDE TUYA ON EARTH

I.V. Melekestsev

Institute of Volcanology and Seismology Far Eastern Branch RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006

Mount Rannyaya (86°58' S, 163°20' W, 2270 m a.s.l., 18-20 Ma) и Sheridan Bluff (87°04' S, 153°46' W, 2720 m a.s.l., ~ 16 Ma) were explored in 1934 and 1962-1963, and studied and dated in 1978-1979 by Antarctic researches. The article shows that these volcanoes are typical tuya, the oldest and high-latitude volcanoes on Earth. It confirms that in early Miocene thick glaciers existed in western Antarctic near the Pole, and subglacial volcanic activity was strong.

Keywords: tuya, englacial volcanism, ice sheet, Antarctic.